

ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* BERDASARKAN DATA N-SPT MENURUT RUMUS *REESE&WRIGHT* DAN PENURUNAN

Ully Nurul Fadilah, Halimah Tunafiah

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Persada Indonesia Y.A.I
Jalan Salemba Raya No.7-9A, Jakarta Pusat
E-mail : ullynurulfadilah@gmail.com
Ully Nurul Fadilah, Ir. Halimah Tunafiah, MT.

ABSTRAK

Pondasi merupakan elemen struktur yang sangat penting dalam suatu bangunan. Daya dukung tanah merupakan pendukung pondasi, dimana suatu pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban yang bekerja pada bangunan ke tanah yang disekitarnya. Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui daya dukung pondasi dan penurunan tiang yang terjadi. Pondasi yang digunakan proyek Pembangunan 6 Ruas Jalan Tol dalam Kota Jakarta adalah pondasi *bored pile*, dan dimensi yang digunakan diameter 1,2 meter. Pengambilan data menggunakan data sekunder yaitu Data N-SPT dan hasil PDA Test di lapangan. Perhitungan daya dukung dilakukan dengan metode konvensional menggunakan metode *Reese & Wright* dari hasil N-SPT Perhitungan pondasi tiang kelompok berdasarkan nilai efisiensi menggunakan metode *Converse-Labarre* yaitu 0,618. Penurunan pondasi tiang tunggal menggunakan metode semi empiris dan penurunan kelompok tiang menggunakan metode *Vesic*. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa daya dukung ultimate menurut metode konvensional lebih kecil daripada daya dukung hasil PDA test.

Kata kunci : daya dukung, *Bored pile*, Penurunan, N-SPT, *Reese&Wright*, Pondasi.

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan jalan tol dilakukan untuk memperlancar lalu lintas didaerah yang telah berkembang, meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa untuk menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi, meringankan beban pemerintah melalui partisipasi penggunaan jalan dan meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan (UU 38/2004 pasal 43 ayat 1).

Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama dikerjakan ialah pekerjaan pondasi. Pondasi merupakan elemen struktur yang sangat penting dalam suatu bangunan. Daya

dukung tanah merupakan pendukung pondasi, dimana suatu pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban yang bekerja pada bangunan ke tanah yang disekitarnya.

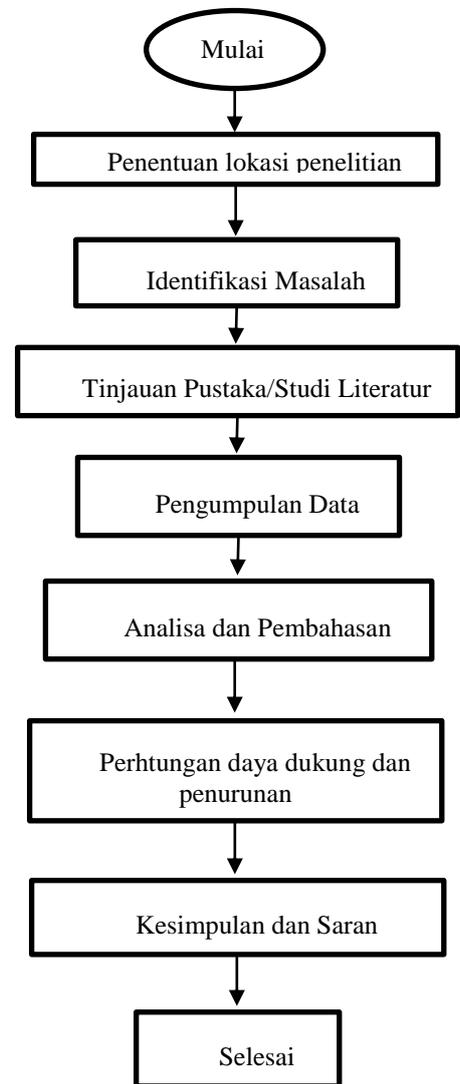
Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- Menghitung daya dukung pondasi *bored pile* dari data SPT
- Menghitung daya dukung ultimate pondasi tiang
- Menghitung daya dukung ijin pondasi tiang
- Menghitung penurunan tiang tunggal yang terjadi pada pondasi *bored pile*

2. METODOLOGI

Adapun rencana tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan lokasi penelitian dimana penelitian ini dilakukan pada Proyek 6 ruas jalan tol dalam kota.
- b. Mengumpulkan data lapangan yaitu berupa data N-SPT.
- c. Mengalisis/menghitung daya dukung ultimate P8.34 BP 5, P8.35 BP 5, dan P8.36 BP 5.
- d. Mengalisis/menghitung daya dukung ijin P8.34 BP 5, P8.35 BP 5, dan P8.36 BP 5.
- e. Mengalisis/menghitung efisiensi kelompok ijin P8.34 BP 5, P8.35 BP 5, dan P8.36 BP 5.
- f. Mengalisis/menghitung kapasitas kelompok tiang P8.34 BP 5, P8.35 BP 5, dan P8.36 BP 5.
- g. Mengalisis/menghitung penurunan tiang P8.34 BP 5, P8.35 BP 5, dan P8.36 BP 5.



Gambar alir penelitian secara umum

3. LANDASAN TEORI

3.1. Pondasi *Bored Pile*

Pondasi bored pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Pondasi bored pile dipergunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam.

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2011), ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *bored pile* dibandingkan dengan tiang pancang dalam konstruksi, yaitu :

- Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
- Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan *dowel* pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
- Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
- Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
- Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukung.
- Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
- Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Ada beberapa kelauman dari pondasi *bored pile* :

- Pengecoran *bored pile* dipengaruhi kondisi cuaca.
- Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam.
- Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
- Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang *temporary casing* untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

3.2. Kapasitas Daya Dukung

Daya dukung tiang pada proyek 6 ruas tol dalam kota dihitung berdasarkan data N-SPT menggunakan metode *Reese & Wright*.

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

N_{spt} rata-rata
= rata-rata N_{spt} dari 10D sampai 4D
dibawah ujung tiang

Untuk tanah kohesif

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Untuk tanah non kohesif

$$Q_p = \frac{40}{3} \times N_{spt \text{ rata-rata}} \times \frac{L_i}{D} \leq$$

$$\frac{400}{3} \times N_{spt \text{ rata-rata}}$$

$$Q_s = 2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut Reese & Wright (1977) koefisien α untuk bored pile adalah 0,55.

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (T)

A_p = Luas Penampang (m^2)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (T)

P = Keliling Penampang Tiang (m)

3.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Berikut adalah metode menurut *Converse-Labarre Formula* yang digunakan dalam perhitungan :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = $\tan^{-1} \frac{d}{s}$ dalam derajat

s = jarak ke pusat tiang

d = diameter tiang

3.4. Kapasitas Izin Kelompok Tiang

Kapasitas izin kelompok tiang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$$

Dimana :

Q_g = Kapasitas izin kelompok tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang
 n = Jumlah tiang
 Q_{all} = Daya dukung izin

I_{ws} = Faktor Pengaruh

Tabel 1. Nilai Koefisien C_p

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

3.5. Penurunan Pondasi

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut.

3.5.1. Penurunan pada tiang tunggal

Rumus perhitungan penurunan tiang tunggal :

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s)L}{A_p \cdot E_p}$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot qp}$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_p}{p \cdot L}\right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35\sqrt{\frac{L}{D}}$$

Dimana :

S = Penurunan total pondasi tiang
 S_s = Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal
 S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang
 S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang
 Q_p = Daya dukung ujung tiang
 Q_s = Daya dukung selimut tiang
 L = Panjang Tiang
 A_p = Luas Ujung tiang bawah
 E_p = Modulus elastisitas material tiang

α = 0,5 untuk distribusi gesekan seragam atau parabolik sepanjang tiang sedangkan untuk distribusi berbentuk segitiga nilai $\alpha = 0,33$.

C_p = Koefisien empiris
 D = Diameter Tiang
 qp = Daya dukung batas ujung tiang
 P = Keliling penampang tiang
 E_s = Modulus Elastisitas tanah
 μ_s = Angka poisson

Tabel 2. Angka Poisson (μ)

Jenis Tanah	μ
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir padat	0,2 - 0,4
Pasir kasar (Angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir halus (Angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu (tergantung dari jenisnya)	0,1 - 0,4
Loose	0,1 – 0,3

Tabel 3. Modulus elastis tanah (E_s)

Jenis tanah	E_s (kN/m ²)
Lempung	
Sangat lunak	300 - 3000
Lunak	2000 - 4000
Sedang	4500 - 9000
Keras	7000 - 20000
Berpasir	30000 - 42500
Pasir	
Berlanau	5000 - 20000
Tidak padat	10000 - 25000
Padat	50000 - 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 - 200000
Tidak padat	50000 - 140000
Lanau	2000 - 20000
Loess	15000 - 60000
Serpil	140000 - 1400000

3.5.2. Penurunan pada tiang kelompok

$$S_g = S \sqrt{\frac{B}{D}}$$

Dimana :

S = penurunan total pondasi tiang tunggal (m)
 B = Lebar kelompok tiang (m)
 D = Diameter tiang (m)

3.5.3. Penurunan yang diijinkan

$$S_{total} \leq S_{ijin}$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana : D = Diameter Tiang

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung kapasitas daya dukung Bored Pile dari data N-SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* dari data N-SPT menggunakan metode *Reese & Wright*.

- a. Daya dukung ujung tiang (Q_p)
 Sebagai contoh perhitungan digunakan nilai N_{spt} dari P8.34 kedalaman 20,15 m.
 $N_{spt} = 28$
 $D = 1,2 \text{ m}$
 $Cu = 28 \times \frac{2}{3} \times 10 = 186,677 \frac{kN}{m^2} = 18,667 \text{ T/m}^2$
 $N_{spt \text{ rata-rata}} = 10 \text{ D di atas ujung tiang} - 4\text{D di bawah ujung tiang}$
 $N_{spt \text{ rata-rata}} = 23,5$
 $A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = 1,331 \text{ m}^2$
 Untuk tanah kohesif
 $Q_p = 9 \times Cu \times A_p = 9 \times 18,667 \frac{T}{m^2} \times 1,331 \text{ m}^2 = 190,004 \text{ T}$

- b. Daya dukung selimut tiang (Q_s)
 Sebagai contoh perhitungan digunakan nilai N_{spt} dari P8.34 pada kedalaman 20,15 m.
 $N_{spt} = 28$
 $D = 1,2 \text{ m}$
 $Li = 2 \text{ m}$
 Menurut *Reese & Wright (1977)* koefisien α untuk bored pile adalah 0,55.

$$Q_s = \alpha \times Cu \times \text{Parimeter} \times Li$$

$$Cu = 28 \times \frac{2}{3} \times 10 = 186,677 \frac{kN}{m^2} = 18,667 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Parimeter} = \pi \times D = 3,770 \text{ m}$$

Untuk tanah kohesif

$$Q_s = 0,55 \times 18,667 \frac{T}{m^2} \times 3,770 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 77,409 \text{ T}$$

$$Q_{s \text{ cumm}} = 323,326 \text{ T}$$

- c. Kapasitas Dukung Ultimate Tiang
 $Q_{ult} = Q_p + Q_{s \text{ cumm}}$
 $Q_{ult} = 190,004 \text{ T} + 323,326 \text{ T} = 513,330 \text{ T}$

- d. Kapasitas Dukung Izin
 $Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$
 $Q_{all} = \frac{513,330 \text{ T}}{3} = 171,110 \text{ T}$

4.2. Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi tiang menurut *Converse-Labarre Formula* adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Contoh perhitungan

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{s} = \tan^{-1} \frac{1,2}{3} = 21,80$$

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

$$E_g = 1 - 21,80 \frac{(11-1)3 + (3-1)11}{90 \times 3 \times 11} = 0,618$$

- 4.3. Kapasitas Izin Kelompok Tiang
 $Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$
 $= 0,618 \times 11 \times 539,041 = 3666,129 \text{ ton} \approx 3409,13 \text{ ton}$

4.4. Penurunan

4.4.1. Pada Tiang Tunggal

Diketahui :

$$Q_p = 168,967 \text{ T}$$

$$Q_{s \text{ local}} = 68,8386 \text{ T}$$

$$\alpha = 0,5$$

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = 1,131 \text{ m}^2$$

$$P = \pi \cdot D = 3,770 \text{ m}$$

$$L = 56,7 \text{ m}$$

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,9602 \text{ MPa} = 2574296,02 \text{ T/m}^2$$

$$C_p = 0,05$$

$$E_s = 1000 \text{ T/m}^2$$

$$\mu = 0,5$$

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s)L}{A_p \cdot E_p}$$

$$S_s = \frac{(168,967 T + (0,05.68,8386 T))56,7 m}{1,131 m^2 \cdot 2574296,02 \frac{T}{m^2}}$$

$$S_s = 0,004 m$$

$$S_p = \frac{c_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p}$$

$$S_p = \frac{0,05 \cdot 168,967}{1,2 \cdot 149,4}$$

$$S_p = 0,0471 m$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_p}{p \cdot L}\right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{56,7}{1,2}} = 4,406$$

$$S_{ps} = \left(\frac{168,967}{3,770 \cdot 56,7}\right) \cdot \frac{1,2}{1000} \cdot (1 - 0,5^2) \cdot 4,406 = 0,003 m$$

Jadi, penurunan tiang tunggal P8.34 BP 5 adalah

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$S = 0,004 m + 0,0471 m + 0,003 m = 0,054 m = 5,4 cm$$

4.4.2. Penurunan Pada Tiang Kelompok

$$S_g = S \sqrt{\frac{B}{D}}$$

$$S_g = 0,054 \sqrt{\frac{3}{1,2}} = 0,0854 m$$

4.4.3. Penurunan Yang diijinkan

$$S_{total} \leq S_{ijin}$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana : D = Diameter Tiang

Contoh perhitungan menggunakan hasil penurunan pada P8.34.

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot 1,2 m = 0,12 m = 12 cm$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- a. Hasil perhitungan daya dukung ultimate menurut metode *Reese & Wright* berdasarkan data N-SPT adalah sebagai berikut :

No. Tiang	Daya Dukung Ultimate	
	Metode <i>Reese & Wright</i>	PDA
P8.34 BP 5	1617.12 Ton	1851 Ton
P8.35 BP 5	1675.3 Ton	1555 Ton
P8.36 BP 5	1646.76 Ton	1386 Ton

- b. Hasil perhitungan daya dukung ijin menurut metode *Reese & Wright* adalah sebagai berikut :

No. Tiang	Qall (ton)
P8.34 BP 5	539.04
P8.35 BP 5	558.43
P8.36 BP 5	546.16

- c. Hasil perhitungan daya dukung kapasitas ijin kelompok tiang berdasarkan efisiensi dengan menggunakan metode *Converse-Labbare* menggunakan 11 tiang adalah sebagai berikut :

Metode *Converse-Labbare* diperoleh efisiensi kelompok tiang $E_g = 0.618$

No. Tiang	Qall (Ton)	E_g	n	Qg (Ton)
P8.34 BP 5	539.04	0.618	11	3664.39
P8.35 BP 5	558.43	0.618	11	3796.21
P8.36 BP 5	546.16	0.618	11	3712.8

- d. Hasil perhitungan Penurunan

- Penurunan Tiang Tunggal

No. Tiang	Kedalaman (m)	Ss (m)	Sp (m)	Sps (m)	S (m)
P8.34 BP 5	56,7	0.004	0.0471	0.003	0.054
P8.35 BP 5	55,6	0.004	0.0471	0.003	0.054
P8.36 BP 5	50,4	0.004	0.0471	0.004	0.055

$$S_{ijin} = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

Jadi, hasil perhitungan penurunan tiang tunggal pada tiang sebagai berikut :

- Hasil penurunan P8.34 BP 5 = 0,054 m < 0,12 mOK!
- Hasil penurunan P8.35 BP 5 = 0,054 m < 0,12 m OK!
- Hasil penurunan P8.36 BP 5 = 0,055 m < 0,12 m OK!

- Penurunan Tiang Kelompok

Hasil perhitungan pada tiang kelompok adalah sebagai berikut :

No. Tiang	S (m)	B (m)	D (m)	Sg (m)
P8.34	0.054	3	1.2	0.0854
P8.35	0.054	3	1.2	0.0854
P8.36	0.055	3	1.2	0.0870

5.2. Saran

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas bahwa sebelum melakukan perhitungan sebaiknya memperoleh data teknis yang lengkap karena untuk menunjang dalam Analisa perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Tjie-Liong,Gouw ChFC . (2017). *Pondasi Dalam*
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Graha Media.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah II Edisi ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Irsyam, Masyhur Ir, MSE., Ph.D. (2009). *Catatan Kuliah Rekayasa Pondasi*. Bandung: ITB.

Parinduri, Indra Pardamean, dan Rudi Iskandar. *Analisa daya dukung pondasi dan penurunan tiang pancang pada proyek pengembangan Gedung Pendidikan dan prasaranaserta sasaran pendukung Politeknik Negeri Medan*. Medan:

Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah II Edisi ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Irsyam, Masyhur Ir, MSE., Ph.D. (2009). *Catatan Kuliah Rekayasa Pondasi*. Bandung: ITB.

Parinduri, Indra Pardamean, dan Rudi Iskandar. *Analisa daya dukung pondasi dan penurunan tiang pancang pada proyek pengembangan Gedung Pendidikan dan prasaranaserta sasaran pendukung Politeknik Negeri Medan*. Medan: